

Termodynamika, ciepło

C. Właściwy

Rozwiązanie każdego zadania zapisz na oddzielnej, podpisanej kartce z wyraźnie zaznaczonym numerem zadania.

1 Zadanie – Ogrzewanie wody

Ile ciepła należy dostarczyć 900 g wody, aby ogrzać ją o 20 K? Wynik wyraż w kJ. Przyjmij, że ciepło właściwe wody wynosi 4200 J/(kg·K).

2 Zadanie – Ochładzanie sali

W pomieszczeniu są klimatyzatory o maksymalnej mocy chłodniczej 3 kW. W sali znajduje się 39 studentów. Można przyjąć, że każdy z nich wydziela ciepło z szybkością około 350 kJ/godz. W pomieszczeniu znajduje się także 17 żarówek, każda o mocy 80 W. Ponieważ na zewnątrz panuje wysoka temperatura, przez ścianę przenika ciepło z szybkością 6 MJ/godz. Ile klimatyzatorów powinno być włączonych, jeśli powietrze w pomieszczeniu ma być utrzymywane w stałej temperaturze 18°C?

3 Zadanie – Kolektor słoneczny

Na dachu zamontowany jest kolektor słoneczny o sprawności $n = 23\%$. Energia słoneczna docierająca do kolektora przekazywana jest do wody krążącej w rurach kolektora. Jaka jest powierzchnia kolektora, jeśli w ciągu godziny ogrzewa 190 litrów wody, zwiększając jej temperaturę o 20°C? Przyjmij, że w danej godzinie natężenie promieniowania słonecznego wynosi 630 W/m². Ciepło właściwe wody wynosi 4200 J/(kg·K), a jej gęstość 1000 kg/m³.

4 Zadanie – Ciepło właściwe ciała

Do aluminiowego kalorymetru o masie 200 g włożono kulę o masie 401 g. Następnie do naczynia wiano 18 g wrzącej wody i zamknięto kalorymetr, aby zminimalizować wymianę ciepła z otoczeniem. Po ustaleniu się równowagi termicznej układu zmierzono temperaturę wody, wyniosła ona 43°C. Temperatura początkowa kalorymetru i kuli jest równa temperaturze otoczenia i wynosi 28°C. Przyjmij, że ciepło właściwe wody wynosi 4200 J/(kg·K), a ciepło właściwe aluminium 900 J/(kg·K). Oblicz ciepło właściwe kuli, a następnie sprawdź w tablicy, z jakiego materiału jest najprawdopodobniej zbudowana. Zastanów się, dlaczego otrzymana wartość różni się od wartości podanej w tablicy.

substancja	ciepło właściwe J/(kg·K)
cyna	220
miedź	380
nikiel	460
glin	900

5 Zadanie – Topienie złota

Jubiler na stopienie złota zużył 1280 J energii. Oblicz, ile złota stopił jubiler, wiedząc, że złoto było już podgrzane do temperatury topnienia oraz że ciepło topnienia złota wynosi 64 kJ/kg.

6 Zadanie – Parowanie wody

Do naczynia zawierającego 0,3 kg wody włożono grzałkę o mocy 900 W, a następnie doprowadzono wodę do wrzenia. Ile wody wyparowało w ciągu 1 minut wrzenia? Przyjmij, że ciepło parowania wody wynosi 2270 kJ/kg.

7 Zadanie – Silnik spalinowy

Samochód jedzie po autostradzie ze stałą prędkością. By utrzymać prędkość, silnik pracuje z mocą 20 kW. Sprawność silnika wynosi 25%. Ile zapłacimy za benzynę zużytą przez samochód jadący przez 2 godziny? Cena benzyny na stacji paliw wynosi 4,78 zł/l, ciepło spalania wynosi 42 MJ/kg, a jej gęstość 0,7 g/cm³.

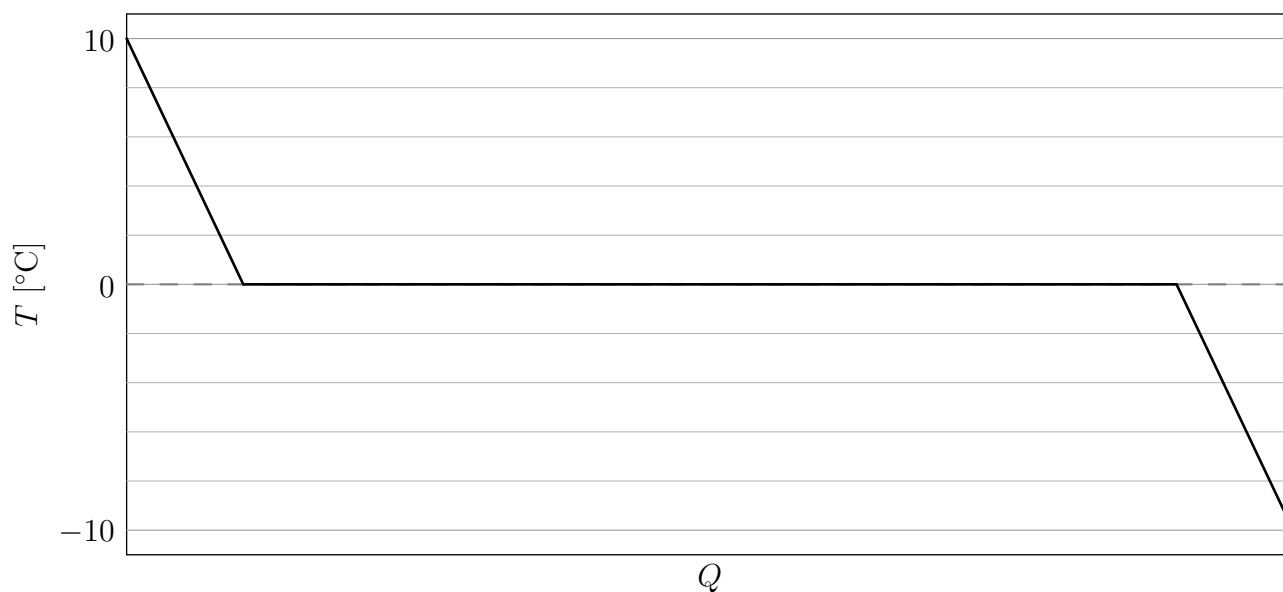
8 Zadanie – Lód w ciepłej wodzie

Blok lodu o temperaturze -5°C i masie 290 g włożono do 760 g wody o temperaturze 75°C . Oblicz końcową temperaturę układu, zakładając, że nie następuje wymiana ciepła z otoczeniem. Przyjmij wartości: ciepła właściwego lodu 2050 J/(kg K), ciepła topnienia lodu 334 kJ/kg, ciepła właściwego wody (cieczy) 4200 J/(kg K).

9 Zadanie – Zjawiska cieplne

Na rysunku poniżej przedstawiono zależność temperatury próbki 3 g H₂O od wymienionego z otoczeniem ciepła. Rozpoznaj i podpisz przedstawione zjawiska cieplne. Oblicz, ile kalorii próbka wymieniła z otoczeniem podczas całego procesu przedstawionego na rysunku. Potrzebne dane znajdują się w tabeli. Przyjmij, że na diagramie został przedstawiony cały proces przemiany fazowej. Uwaga, rysunek nie zachowuje skali.

ciepło topnienia/zamarzania	336000 J/kg
ciepło parowania/skraplania	2270000 J/kg
ciepło właściwe (woda)	4200 J/(kg·K)
ciepło właściwe (lód)	2100 J/(kg·K)
ciepło właściwe (para wodna)	2000 J/(kg·K)



10 Zadanie – Granitowa płyta

Powierzchnia płyty granitowej to $111 \cdot 10^3 \text{ m}^2$, a jej grubość 6 m. Pod płytą panuje temperatura 30°C, a nad płytą -4°C . Oblicz ciepło przepływające przez płytę w trakcie jednej minuty, jeśli współczynnik przewodnictwa cieplnego granitu jest równy $2,12 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$.

11 Zadanie – Ceglany dom

Ceglany dom ma ściany o grubości 35 cm. Wewnątrz domu utrzymywana jest stała temperatura 18°C . Temperatura powietrza na zewnątrz wynosi 14°C .

- Oblicz, ile ciepła stracimy w ciągu sekundy przez jedną ze ścian o powierzchni 18 m^2 . Przyjmij, że przewodnictwo cieplne cegły wynosi $0,8 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$.
- Aby zapobiec utracie ciepła, ocieplono budynek z zewnątrz warstwą styropianu o grubości 50 cm. Ile teraz tracimy ciepła przez tę samą ścianę? Przyjmij, że przewodnictwo cieplne styropianu wynosi $0,04 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$.
- Jaka temperatura panuje na złączu materiałów?

12 Zadanie – Wydłużenie szyny

Oblicz, o ile zmieni się długość stalowej szyny po ogrzaniu jej do temperatury 15°C , jeśli jej długość przy temperaturze 7°C jest równa 14 m. Współczynnik rozszerzalności cieplnej użytej stali jest równy $0,99 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

13 Zadanie – Zegar

Pewien zegar, posiadający wahadło z niklu, odmierza dokładnie czas w temperaturze 23°C . Temperatura spadła do 5°C . O ile więcej wahnięć w ciągu doby wykona zegar w niższej temperaturze? Przyjmij, że współczynnik rozszerzalności cieplnej niklu wynosi $13 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$. Jeden koniec pręta z niklu zamocowany jest w taki sposób, by mógł obracać się w płaszczyźnie pionowej. Do drugiego końca pręta przymocowany jest ciężarek. Długość pręta jest znacznie większa od rozmiarów ciężarka. Pręt z niklu jest znacznie lżejszy niż przyczepiony do niego ciężarek.

14 Zadanie – Spadająca kulka

Z jaką prędkością powinna spadać kulka wykonana z ołowiu, aby przy uderzeniu o ziemię całkowicie uległa stopieniu? Zakładamy, że mimo odkształcenia pocisk pozostał w całości oraz że przy uderzeniu $n = 32\%$ energii zostało przekazane pociskowi w formie ciepła. Temperatura początkowa kulki wynosi 290 K. Pozostałe potrzebne dane zamieszczone są w tabeli poniżej.

substancja	ciepło właściwe $[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$	ciepło topnienia $[\text{kJ}/\text{kg}]$	temperatura topnienia $[^{\circ}\text{C}]$
cyna	222	59	232
ind	233	28	156
ołów	128	25	328

15 Zadanie – Spadająca kulka (1 wiersz tabeli)

Z jaką prędkością powinna spadać kulka wykonana z indu, aby przy uderzeniu o ziemię całkowicie uległa stopieniu? Zakładamy, że mimo odkształcenia pocisk pozostał w całości oraz że przy uderzeniu $n = 49\%$ energii zostało przekazane pociskowi w formie ciepła. Temperatura początkowa kulki wynosi 298 K. Pozostałe potrzebne dane zamieszczone są w tabeli poniżej.

substancja	ciepło właściwe $[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$	ciepło topnienia $[\text{kJ}/\text{kg}]$	temperatura topnienia $[^{\circ}\text{C}]$
ind	233	28	156

16 Zadanie – Lodowiec

Oszacuj masę stopionego lodu z lodowca, który zsunął się i zatrzymał w dolinie. Początkowo lodowiec spoczywał na wysokości 395 m nad doliną i miał masę $9 \cdot 10^9 \text{ kg}$. Załóż, że energia tracona przez zsuwający się lodowiec i spływającą wodę powstała podczas topnienia lodowca powoduje dalsze topnienie lodu. Przyjmij ciepło topnienia lodu 334 kJ/kg . Przyspieszenie ziemskie w miejscu zdarzenia jest równe $9,8 \text{ m/s}^2$.

17 Zadanie – Promieniowanie kuli

Gorąca kula o promieniu 6 cm, temperaturze powierzchni 700 K i względnej zdolności emisyjnej 0,76 wysyła energię w postaci promieniowania. Ile energii zaabsorbują w ciągu 4 minut ciało doskonale czarne, które odbiera $3 \cdot 10^{-3}$ energii promieniowania wyemitowanego przez kulę? Stała Stefana-Boltzmana wynosi $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$.

18 Zadanie – Zmiana energii wewnętrznej układu

W pewnym procesie dostarczyliśmy do układu ciepło o wartości 250 J, wykonaliśmy pracę nad tym układem (np. sprężając go) o wartości 100 J oraz odebraliśmy od układu ciepło o wartości 270 J, a układ wykonał pracę o wartości 110 J. Oblicz zmianę energii wewnętrznej tego układu wskutek opisanego procesu.

19 Zadanie – Szybkość średnia atomu

W pewnym ośrodku o temperaturze 7°C , poruszają się atomy argonu. Oblicz szybkość średnią kwadratową, z jaką poruszają się cząsteczki tego gazu, wiedząc, że jego masa molowa wynosi 40 g/mol.

20 Zadanie – Pęcherzyk powietrza

Z dna jeziora o głębokości 27 m odrywa się pęcherzyk powietrza o promieniu 5,3 mm. Temperatura na dnie jeziora wynosi $4,1^\circ\text{C}$. Pęcherzyk po dotarciu na powierzchnię jeziora zmienił się w półsferyczną bańkę o promieniu 13,8 mm. Jaka temperatura panuje na powierzchni jeziora, jeśli ciśnienie atmosferyczne wynosi 100 kPa? Przyjmij, że gęstość wody wynosi $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$, a gęstość powietrza w warunkach normalnych $1,29 \text{ kg}/\text{m}^3$. Pomiń wpływ napięcia powierzchniowego na ciśnienie w pęcherzyku. Załóż, że temperatura powietrza w pęcherzyku jest zawsze równa temperaturze otoczenia.

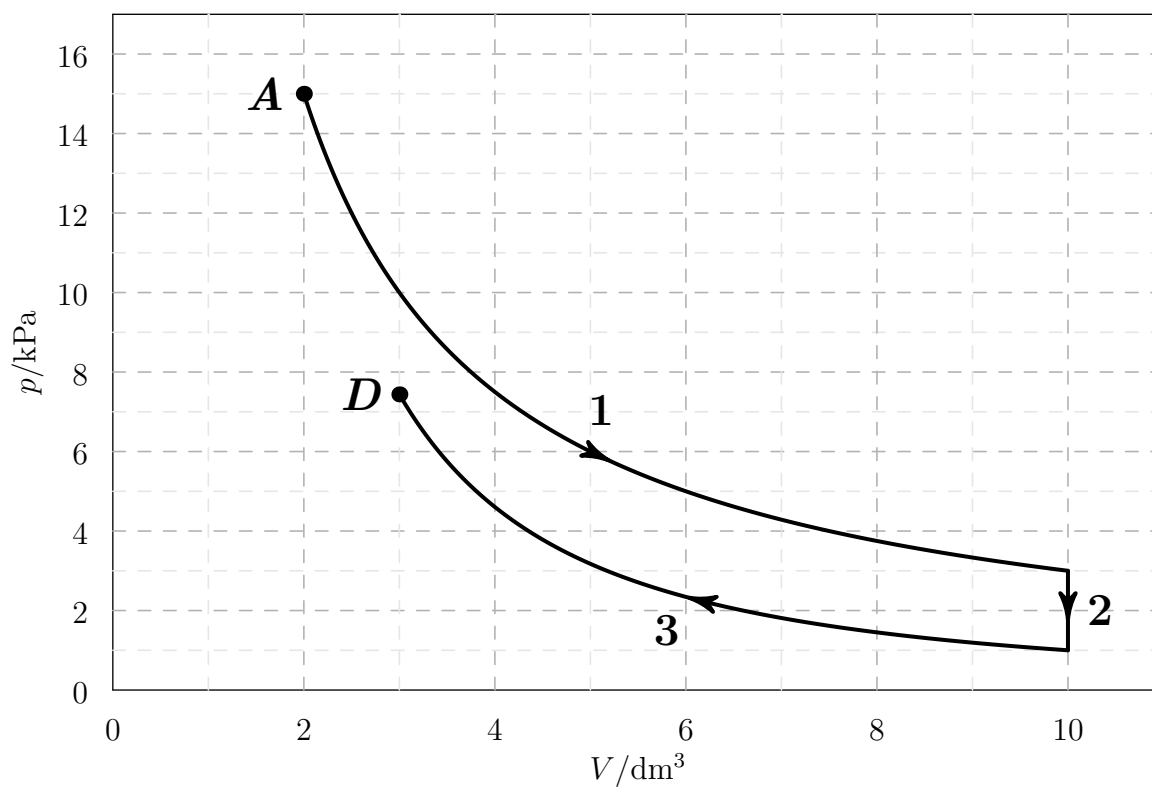
21 Zadanie – Entropia i porcja wody

Oblicz zmianę entropii wody o masie 67 g podczas przemiany jej stanu z ciekłego (płyn) w stan gazowy (para) w temperaturze wrzenia pod ciśnieniem 1 atm. Przyjmij ciepło parowania równe $2257 \text{ kJ}/\text{kg}$.

22 Zadanie – Przemiany gazowe

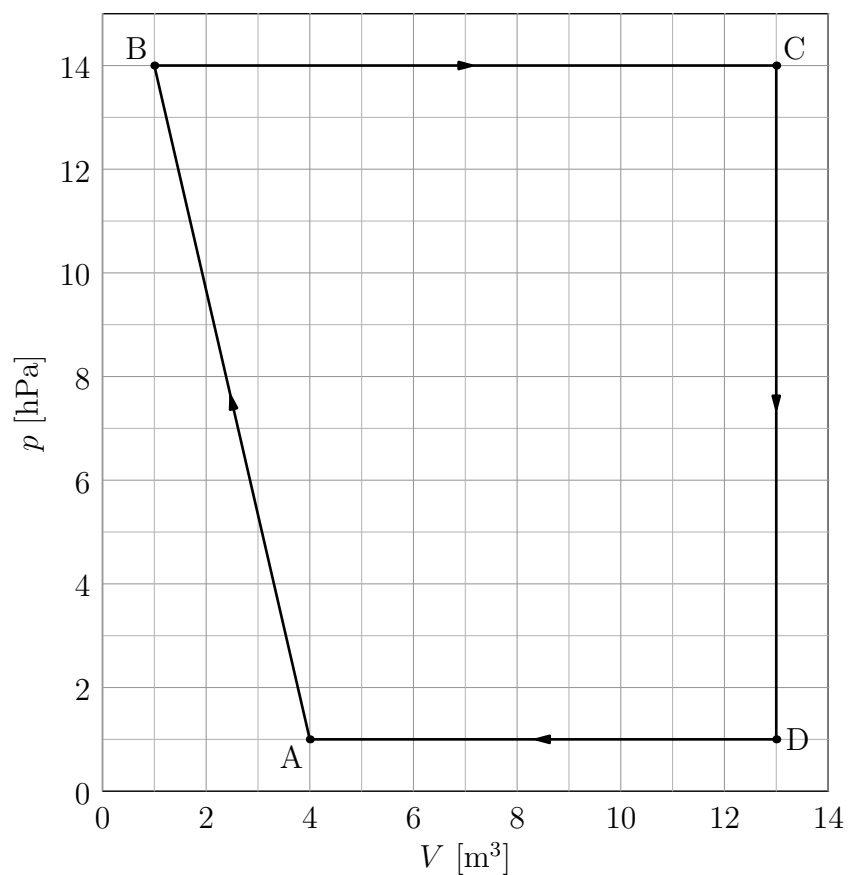
Ustalona porcja gazowego neonu przeszła przemiany 1, 2 i 3 przedstawione na poniższym wykresie, gdzie p oznacza ciśnienie gazu, a V jego objętość. Początkowo parametry gazu opisywał punkt A . Wiadomo, że przemiana 3 była adiabatyczna.

- Podaj nazwy przemian 1 i 2. W przypadku przemiany 1 swoją hipotezę dotyczącą rodzaju przemiany sprawdź w 3 różnych punktach.
- Dla każdej z przemian wskaż wielkości, które są zawsze równe 0 w trakcie tej przemiany.
- Czy gaz w punkcie D ma większą temperaturę niż w punkcie A ?
- Czy z punktu D może ta porcja gazu dotrzeć do punktu A w przemianie izobarycznej?



23 Zadanie – Praca wykonana przez gaz

Oblicz pracę wykonaną przez gaz podczas jednego cyklu przedstawionego na wykresie poniżej.

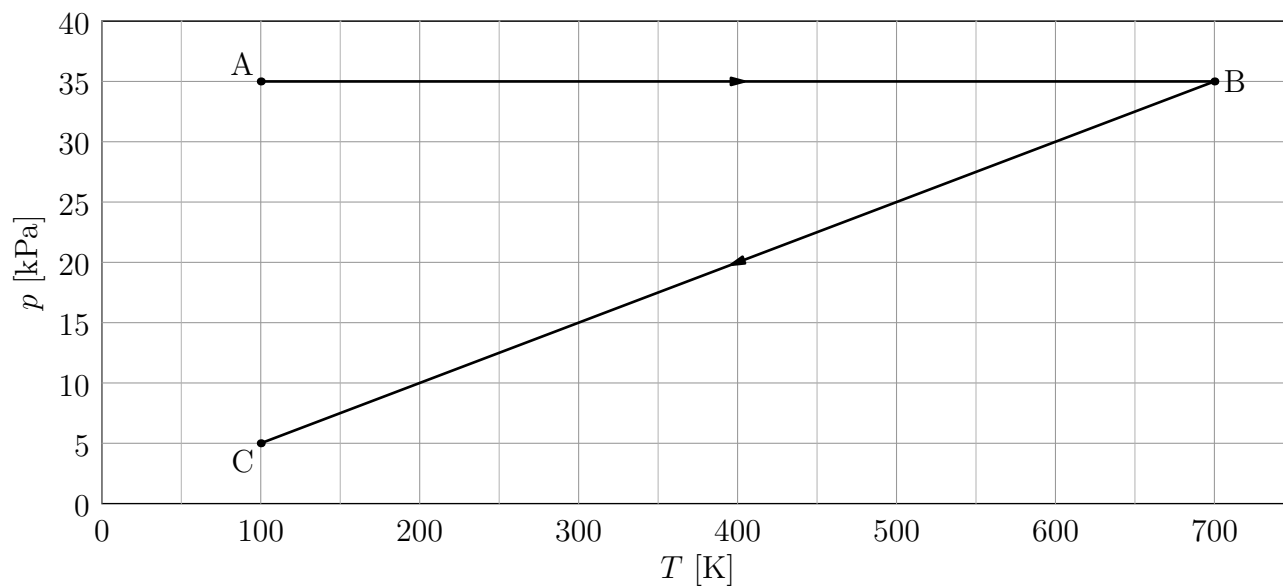


24 Zadanie – Przemiany gazu doskonałego

W szczelnym naczyniu, zamkniętym tłokiem, znajduje się hel. Masa gazu jest równa 2 kg, a początkowa temperatura 20°C . Gaz poddano przemianie izobarycznej, dostarczając mu 940 J ciepła. Jaka pracę wykonał hel podczas rozprężania? Przyjmij, że masa molowa gazu wynosi 4 g/mol.

25 Zadanie – Ciepło, energia wewnętrzna i praca w przemianach gazowych

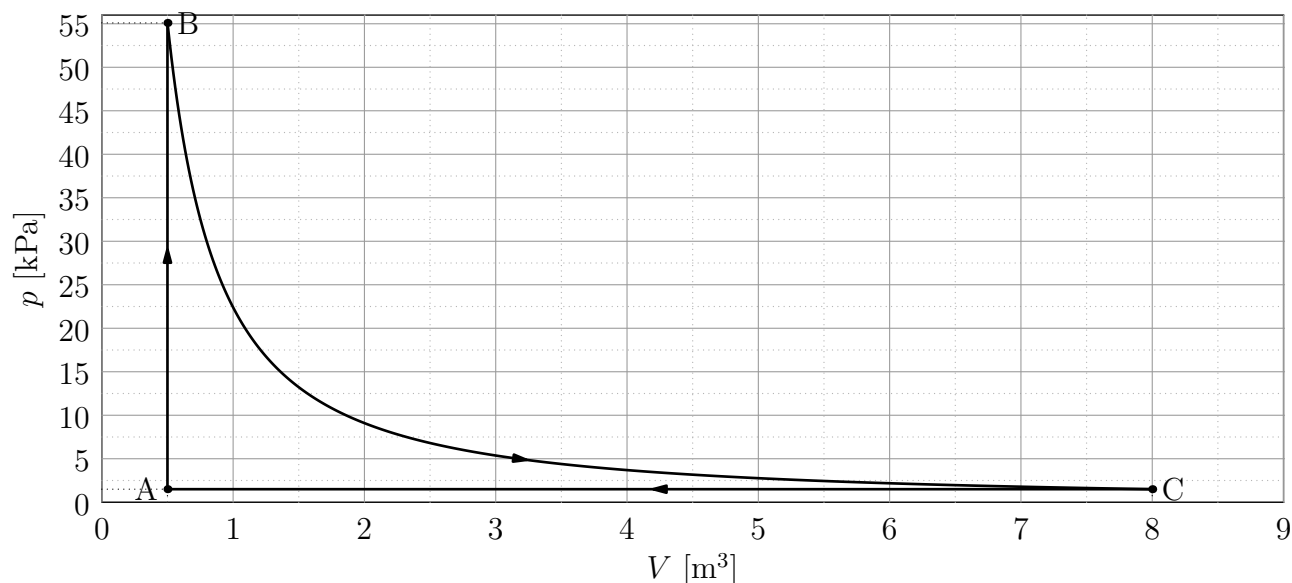
Oblicz zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego, pracę wykonaną przez gaz oraz ciepło wymienione z otoczeniem podczas przemiany przedstawionej na wykresie poniżej. Przyjmij, że zmiana objętości wyniosła $0,34\text{ m}^3$.



26 Zadanie – Ciepło oddane i pobrane

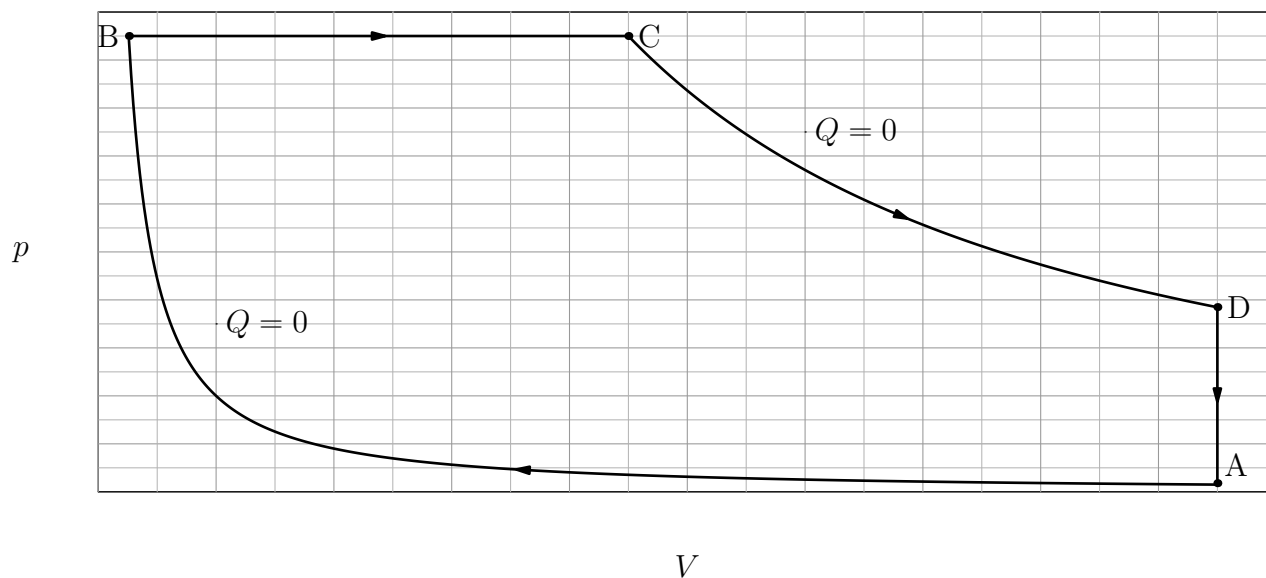
Jeden mol jednoatomowego gazu doskonałego jest poddawany przemianom przedstawionym na wykresie poniżej. Wiedząc, że przemiana B-C jest przemianą adiabatyczną oraz że ciśnienie w punkcie A jest równe 1,5 kPa, a w punkcie B ciśnienie wynosi 55,1 kPa, oblicz:

- energię pobraną przez gaz z grzejnika;
- energię oddaną chłodnicy;
- wypadkową pracę w jednym cyklu silnika cieplnego, w którym gaz poddawany jest opisanym przemianom;
- sprawność tego silnika.



27 Zadanie – Cykl przemian gazu

Wyznacz sprawność cyklu dla ustalonej porcji gazu doskonałego przedstawionego na rysunku poniżej. Wynik przedstaw tylko w zależności od temperatur oraz stosunku ciepła właściwego w przemianie izobarycznej do ciepła właściwego w przemianie izochorycznej. Przemiany A-B oraz C-D są adiabatyczne. Dane są temperatury w punktach A, B, C, D.



28 Zadanie – Przemiana adiabatyczna i izotermiczna

Porcję 2,2 kg benzenu o temperaturze 845,8 K i ciśnieniu $2 \cdot 10^5$ Pa sprężono adiabatycznie, a następnie rozprężono izotermicznie. Ilość ciepła pobrana w procesie izotermicznym jest równa przyrostowi energii wewnętrznej gazu w procesie adiabatycznym i wynosi 242 kJ. Oblicz objętość i ciśnienie gazu po przemianie

- adiabatycznej
- izotermicznej.

Przyjmij, że masa molowa gazu wynosi 78,1 g/mol, a wykładnik adiabaty 1,12.

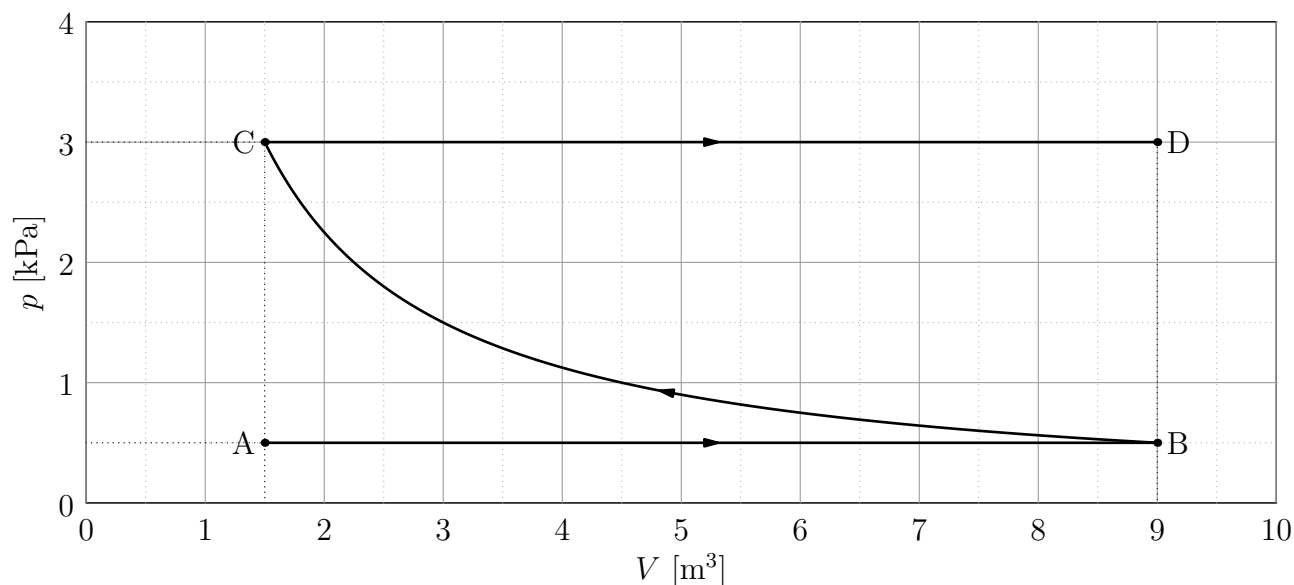
29 Zadanie – Entropia gazu

Zmianę entropii gazu doskonałego wyraża uniwersalny dla każdej przemiany wzór.

$$\Delta S = n \cdot R \cdot \ln \frac{V_k}{V_p} + n \cdot C_v \cdot \ln \frac{T_k}{T_p}$$

n - liczba moli, R - uniwersalna stała gazowa, V_k - objętość końcowa, V_p - objętość początkowa, C_v - ciepło molowe przy stałej objętości, T_k - temperatura końcowa, T_p - temperatura początkowa.

Jeden mol jednoatomowego gazu doskonałego został poddany przemianie izotermicznej i dwóm przemianom izobarycznym. Końcowe ciśnienie gazu jest równe 3 kPa. Korzystając z przedstawionego wzoru oraz wykresu poniżej, oblicz zmianę entropii dla każdego z trzech procesów. Zinterpretuj otrzymane wyniki.



30 Zadanie – Równanie van der Waalsa

Porcję 1,6 kg tlenu ogrzano od temperatury 170 K do temperatury 240 K. Podczas przemiany objętość gazu wzrosła od 3 m^3 do 6 m^3 . Zakładając, że gaz spełnia równanie van der Waalsa, oblicz zmianę energii wewnętrznej gazu. Załóż, że masa molowa użytego gazu to 32 g/mol, ciepło molowe przy stałej objętości $10,7 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, a stałe występujące w równaniu van der Waalsa $a = 0,136 \text{ J} \cdot \text{m}^3/(\text{mol})^2$, $b = 0,032 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$.